

耐雪性スギの育種
— 次代検定林の調査結果 —

丹原哲夫

Breeding of *Cryptomeria japonica* for Resistance to Snow Damage
— Report on Investigation of Progeny Test Plantations —

Testuo TANBARA

I はじめに

1956年に林木育種事業指針(林野庁 1956)が制定され、全国的に精英樹選抜育種が開始された。この精英樹の選抜は人工林を対象としたものであったが、岡山県ではこれに先立ち、地域の立地環境に適応したスギ郷土品種を育成するために、1952年に加茂町の天然林において通直性等の良好な1063個体から採穂し、発根検定の後、試植試験地(ほぼ10年生)における成長、樹形等を考慮し、5クローンを選抜した(横尾 1962等、以下遠藤選抜個体という)。この遠藤選抜個体は、現在では精英樹とともに一般造林用で使用されている。

さらに1967、1968年には、関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(以下関西地区育種部会という)の共同研究(関西育種場山陰支場 1966)として、中国、近畿、北陸の各県および林木育種センターは、14地域の天然林から275本選抜した。選抜基準は、①病虫害にかかっていない、②樹幹に欠点がない、③クローネがカラカサ状でない、④枝が太いもの、長いものは除くとした。本県では、上斎原村、加茂町、および新庄村の天然林から40本選抜した(武本 1967、1968、以下天然スギ選抜個体という)。そして、1969～1971年に鳥取県八頭郡八東町に兵庫県(妙見スギ)、鳥取県(沖ノ山スギ)、広島県(八郎スギ)、島根県(匹見スギ)と共同で次代検定林(全体で100クローン、以下共同検定林という)を設定した。また、その他の選抜クローンについては、遺伝子保存を目的として集植林を設定した。岡山県では、天然スギ選抜個体の中から無作為に20クローンを共同検定林に、16クローンを集植林に植栽した。そして植栽後5成長期ごとに30年次まで成長等の調査を実施した。また、20年次にはアイソザイム分析をおこなった(いずれも統一方法書により自県分を調査)。

一方、1970年から気象害抵抗性育種(林野庁 1970)が開始されたのにもない、本県では天然スギ選抜個体について、根曲りを重点に再度現地調査をおこない、40本

の中から36本について、また、あらたに多雪地域の人工林から9本を選抜し、あわせて45本を「耐雪性スギ」とした。そして、1981～1983年に県内3か所に検定林(以下県内検定林という)を設定した。

本県で天然スギ選抜個体を選抜した天然林の分布と検定林設定位置を図-1に示す。



図-1 天然林分布地と検定林の位置
○天然林分布地
●検定林(S1～S3: 県内検定林名)

本報告は、1986～1998年に県内3検定林において調査した5、10、15年次の成長調査の結果、および2001年に調査した18～20年次における根曲りの調査結果について、また、共同研究の調査結果のなかで、本県選抜クローンに関する調査結果の概要についてとりまとめた。なお、共同検定林の調査結果については、関西地区育種部会(1971、1976、1984、1987、1993、1996、1998、2003)および丹原・関西地区育種部会(1997)においてすでに公表されている。

II 材料と方法

1. 検定林の設定

検定林の概況を表-1に示す。また、検定林設定クローンを表-2に示す。

(1) 県内検定林

1982～1984年に、岡山県北部の中国山地に3か所次代検定林を設定した。平均標高は580～830m、平均最大積

表一 検定林の概況

検定林名	設定場所	設定年月	面積 (ha)	検定クローン	平均標高m	方位	傾斜度	基岩	土壌型	AT (°C)	AP (mm)	ST (cm)
西岡耐雪第1号 (S1)	岡山県苫田郡上倉原村中津川	1982.3	1.0	46	650	SE	5~35	花崗岩	BLD(m)	10	2100	50~100
西岡耐雪第2号 (S2)	岡山県真庭郡湯原町黒杭	1983.3	1.0	41	580	SE	20~30	花崗岩	BD~BD(d)	11	2100	50~100
西岡耐雪第3号 (S3)	岡山県阿哲郡大佐町大井野	1984.3	1.0	47	830	N	5~30	安山岩	BD	10	2100	100~150
共同検定林	鳥取県八頭郡八束町奥野	1970.5	5.6	20	950	NE	30~35	古生層	BD~BD(d)	9	2400	150~200

AT:年平均気温 AP:年平均降水量 ST:平均最大積雪深
 年平均気温、年降水量、最深積雪深:立地区分(関西地区林業試験研究機関連絡協議会立地部会(1981))による

表二 検定林設定クローン一覧表

クローン名	人天別	天然スギ名	県内	共同	クローン名	人天別	天然スギ名	県内	共同
S1	天	倉見1	○	○	S33	天	田浪16	○	○
S2	天	倉見2	○	○	S34	天	土用1	○	○
S3	天	倉見3	○	○	S35	天	金ヶ谷3	○	○
S4	天	倉見4	○	○	S36	天	金ヶ谷2	○	○
S5	天	倉見5	○	○	S37	人		○	○
S6	天	倉見6	○	○	S38	天	田浪17	○	○
S7	人		○	○	S39	人		○	○
S8	天	遠藤1	○	○	S40	人		○	○
S9	天	遠藤2	○	○	S41	人		○	○
S10	天	遠藤3	○	○	S42	人		○	○
S11	天	遠藤4	○	○	S43	人		○	○
S12	天	遠藤5	○	○	S44	人		○	○
S13	天	遠藤6	○	○	S45	人		○	○
S14	天	遠藤7	○	○		天	野土路1		○
S15	天	遠藤8	○	○		天	野土路2		○
S16	天	遠藤9	○	○		天	野土路3		○
S17	天	遠藤10	○	○		天	金ヶ谷1		○
S18	天	田浪1	○	○	遠藤40	天		○	
S19	天	田浪2	○	○	遠藤149	天		○	
S20	天	田浪3	○	○	遠藤355	天		○	
S21	天	田浪4	○	○	遠藤375	天		○	
S22	天	田浪5	○	○	遠藤493	天		○	
S23	天	田浪6	○	○	真庭36	人(精)		○	
S24	天	田浪7	○	○	真庭37	人(精)		○	
S25	天	田浪8	○	○	苔田10	人(精)		○	
S26	天	田浪9	○	○	苔田21	人(精)		○	
S27	天	田浪10	○	○	英田8	人(精)		○	
S28	天	田浪11	○	○	英田9	人(精)		○	
S29	天	田浪12	○	○	新見6	人(精)		○	
S30	天	田浪13	○	○	遠藤挿木	天		○	○
S31	天	田浪14	○	○	遠藤実生	天		○	○
S32	天	田浪15	○	○					

S:耐雪性スギ 人天別:選抜地区分 (精):精英樹 県内:県内検定林 共同:共同検定林 PL:検定林 CS:集植林

雪深は50~150cm(関西地区林業試験研究機関連絡協議会立地部会 1981)であった。

検定林の面積はいずれも1.0ha、乱塊法3反復の設計で、1検定林あたり41~47クローンを供試した。検定林によって供試したクローンは異なり、しかも一部の検定林では1反復区のみクローンもあった(以下アンバランスデータという)。さし木2年生苗を使用し、3検定林で耐雪性スギ45クローン、遠藤選抜個体5クローン、精英樹7クローンについて検定した。対照として、さし木郷土品種である遠藤スギ(遠藤挿木)および普通母樹林産実生(遠藤実生)を使用した。プロットあたりの植栽本数は、さし木苗では原則として30(10~40)本、実生苗では50本とした。植栽密度(3,300本/ha)、下刈り等は本県の標準的施業を実施した。15年生まで間伐は実施していない。

(2)共同検定林

1970、1971年に、鳥取県南部の中国山地に共同検定林を設定した。平均標高は950m、平均最大積雪深は150~

200cm(関西地区立地部会 1981)であった。ただし、最大積雪深が3~4mに達する年もあることが観察されており(関西地区育種部会 1987)、県内検定林に比較してきわめて厳しい積雪環境であった。

検定林の面積は5.6ha、乱塊法2反復の設計で、プロットあたり10本を1列植栽し、それぞれの供試クローンの間には対照品種として在来品種である通称「山本沖ノスギ」を1列植栽した。検定クローンはつぎ木2年生苗(つぎ木部まで土中に埋設して植栽)、対照品種はさし木2年生苗を使用し、1970年5月(I反復区)と1971年5月(II反復区)に同時養成苗を植栽した。植栽密度は1,111本/ha、下刈りは2年生まで年2回、それ以降5年生までは年1回おこなった。また、20年生まで5年ごとの調査年に1回実施した。雪起しは5年生まで実施し、その後は比較的大きな雪害が発生した年に傾幹木の雪起しと倒伏木の除伐を実施した。30年生まで密度管理のための間伐は実施していない。

なお、本試験地には対照品種を使用したさし木苗とつぎ木苗の比較試験区を併設しているが、増殖方法の違いによって成長、健全性、樹幹形態等に差は認められていない(関西地区育種部会 1993等)。

2.調査方法

(1)県内検定林

成長、健全率:5, 10, 15年次に成長調査を実施した。調査は健全に生育しているとみられた個体について、樹高および5, 10年次は根元直径(地上約20cm部位)、15年次は胸高直径を測定した(以下いずれも直径という)。樹高は測桿(0.1m単位)、直径はノギス(0.1cm単位)を使用しておこなった。また、プロットごとに成長調査本数(健全個体本数)を植栽本数で除して健全率とした。

根曲り性:18~20年次(検定林によって調査年次は異なった)に、プロットあたり健全木10本について根曲り性を調査した。調査は目視によってつぎの区分によって分類し、指数化した。

- 5:曲りが全く認められない。
- 4:採材に影響しない程度の軽微な曲りがある。
- 3:採材に少し影響する曲りがある。
- 2:元玉1m程度切り捨てる必要がある。
- 1:元玉1.5m程度切捨てる必要がある。

(2)共同検定林

本報告において解析の対象としたのは、5, 10, 15, 20, 30年次の樹高、直径、健全率、および20年次に調査した傾幹幅である。樹高、直径、健全率の調査方法は県内検定林と同様である。傾幹幅は植栽位置の垂直高1.2m部と幹との水平長を測定した(0.01m単位)。

また、20年次の成長等の調査時に、共同検定林および集植林から枝葉のサンプルを採取し、一次元水平泳動法

(デンブengel) によってパーオキシターゼを対象としたアイソザイム分析をおこなった。

3.解析方法

(1) 県内検定林

樹高、直径、健全率、および根曲り指数について、検定林ごとに3反復区のデータが得られたクローンについて、クローンと反復を要因として2元分散分析した。解析にはプロット平均値を使用した。つぎに、3検定林をこみにして分散分析(栗延・金子等 1984)した。この解析には栗延(1997)の作成したアンバランスデータに対応した検定林解析ソフトANOVA21を使用し、全プロットデータを解析に供した。そして、各クローンの最小2乗推定値を計算した。また、この特性値を5段階評点法(石川 1983)によってランキングした。5段階区分はつぎによった。

「5」 $\geq AV + 1.5SD$, $AV + 1.5SD > 「4」 \geq AV + 0.5SD$, $AV + 0.5SD > 「3」 \geq AV - 0.5SD$, $AV - 0.5SD > 「2」 \geq AV - 1.5SD$, $AV - 1.5SD > 「1」$

ここでAVは最小2乗推定値の全クローン平均値、SDは同標準偏差を表す。

(2) 共同検定林

樹高、直径、健全率、および傾幹幅について、クローンと反復を要因として2元分散分析した。解析にはプロット平均値、およびその両側対照クローンとの比数(検定クローン平均/両側対照クローンの平均)を使用した。ただし、5、10、15年次の健全率については、比数データが欠測値となった。

アイソザイムの解析は、8集団(集団あたりのクローン数が9クローン以上)、194クローンについて、発現が安定していた10バンドを対象とし、集団を外的基準、各バンドをアイテム、バンドの有無および分離の状況(数バンドは2~3に分離するクローンがあった)をカテゴリーとして、数量化II類を適用した。

III 結果と考察

1. 県内検定林

(1) 調査結果の概要

調査結果の概要(検定林別平均値)を表-3に示す。なお、調査結果(プロット平均値)は付表1~3に示す。

表-3 調査結果の概要(検定林別平均値)

検定林名	樹高m			直径cm			健全率%			根曲り指数
	5	10	15年次	5	10	15年次	5	10	15年次	
S1	1.22	2.90	4.47	1.86	4.94	6.27	82.3	78.9	73.7	4.22
S2	1.42	3.03	4.28	2.69	6.10	6.91	84.3	79.4	74.5	4.65
S3	1.91	4.95	7.56	3.96	10.38	13.59	71.9	70.7	66.3	4.59
平均	1.51	3.63	5.44	2.84	7.14	8.92	79.5	76.3	71.5	4.49

検定林間を比較すると、樹高、直径ともにS3検定林(15年次樹高7.6m、直径13.6cm)はS1検定林(樹高4.5、直径6.3cm)、S2検定林(樹高4.3m、直径6.9cm)に

比較し著しく大きかった。ただし健全率では、S3検定林(15年次66.3%)はS1検定林(73.7%)、S2検定林(74.5%)に比較しやや低い値であった。また、根曲り指数ではS1検定林がやや低い値であった(4.2)。

(2) 分散分析の結果

検定林別分散分析の結果を表-4に示す。

表-4 検定林別分散分析の結果

形質	林	要因	5			10			15年次		
			Fr	MS	F	MS	F	MS	F		
樹高	S1	Rp	2	0.28	3.37 *	0.82	0.88 NS	6.37	1.93 NS		
		Cl	25	0.30	3.61 **	2.00	2.14 *	5.47	1.65 NS		
		Er	50	0.08		0.94		3.31			
	S2	Rp	2	0.08	2.00 NS	4.90	14.23 **	18.14	17.56 **		
		Cl	36	0.22	5.17 **	1.32	3.83 **	2.83	2.74 **		
		Er	72	0.04		0.34		1.03			
	S3	Rp	2	0.55	13.85 **	2.53	5.99 **	16.29	16.97 **		
		Cl	42	0.86	21.60 **	2.82	1.54 NS	3.34	3.48 **		
		Er	84	0.04		0.42		0.96			
直径	S1	Rp	2	0.80	3.47 *	2.45	0.87 NS	11.55	1.99 NS		
		Cl	25	0.82	3.57 **	6.05	2.14 *	9.72	1.67 NS		
		Er	50	0.23		2.83		5.81			
	S2	Rp	2	1.36	11.23 **	19.28	16.32 **	48.26	27.31 **		
		Cl	36	0.99	8.20 **	4.79	4.06 **	7.82	4.43 **		
		Er	72	0.12		1.18		1.77			
	S3	Rp	2	2.90	12.22 **	28.52	18.06 **	50.64	11.64 **		
		Cl	42	3.92	16.50 **	14.77	9.35 **	16.43	3.78 **		
		Er	84	0.24		1.58		4.35			
健全率	S1	Rp	2	176.1	1.21 NS	114.2	0.63 NS	197.9	0.76 NS		
		Cl	25	182.2	1.25 NS	220.0	1.21 NS	440.2	1.68 NS		
		Er	50	145.6		181.8		261.4			
	S2	Rp	2	448.7	5.82 **	1023.4	9.06 **	1148.4	10.29 **		
		Cl	36	130.9	1.70 *	214.1	1.90 *	254.2	2.28 **		
		Er	72	77.1		112.9		111.6			
	S3	Rp	2	509.5	2.76 *	583.0	3.17 *	187.0	1.16 NS		
		Cl	42	543.9	2.94 **	842.5	4.57 **	1017.1	6.31 **		
		Er	84	184.9		184.2		161.2			
根曲り指数	S1	Rp	2	0.58	5.63 **						
		Cl	25	0.42	4.08 **						
		Er	50	0.10							
	S2	Rp	2	0.51	7.23 **						
		Cl	36	0.10	1.47 NS						
		Er	72	0.07							
	S3	Rp	2	0.41	3.30 *						
		Cl	42	0.45	3.55 **						
		Er	84	0.13							

Rp:反復 Cl:クローン Er:誤差 Fr:自由度 MS:平均平方 F:F値
*:5%水準で有意 **:1%水準で有意 NS:有意差なし

樹高、直径:S2検定林の樹高、直径、およびS3検定林の直径では、いずれの年次においてもクローン間に有意差が認められた(1%水準)。それに対しS1検定林では、樹高、直径ともに5、10年次にはクローン間に差が認められたが(ともに5年次1%、10年次5%水準)、15年次には認められなかった。またS3検定林の樹高では、5、15年次には認められたが(1%水準)、10年次には認められなかった。クローン間の違いの程度を目安となると考えられるF値についてみると、樹高、直径ともにいずれの検定林においても10年次に大きく低下し、15年次にもS3検定林の樹高を除いてやや低下した。成長特性は年次の経過にともない累積的に発現される(丹原 2001)と考えられるが、F値が10年次以降大きく低下する傾向がみられたことに関連し、丹原(2003)はヒノキ実生家系による次代検定林を解析し、15年次以降家系間の差が小さくなる傾向を認め、特に直径においては樹冠のうっ閉、間伐、および間伐等ともなう調査本数の減少等の関与を指摘した。

健全率:S1検定林では、いずれの年次においてもクロ

ーン間に有意差が認められなかったが、S2, S3検定林ではいずれの年次にも認められた (S2: 5, 10年次5%水準, 15年次1%水準, S3: 5~15年次1%水準)。クローン間のF値は、S2, S3検定林では年次の経過にともない増大し、S1検定林では15年次にやや増大した。クローン間のF値が年次の経過にともない増大したのは、クローン特性が年次の経過にともない累積的に発現したものと考えられ、健全率は耐雪性を評価する上で重要な指標となる。

根曲り指数: S1およびS3検定林では、クローン間に有意差が認められたが (1%水準), 根曲りの程度が比較的小さかったS2検定林 (平均根曲り指数4.7) では認められなかった。根曲りの程度は、斜面傾斜, 積雪深, 雪質, 植生等によって異なるとともに (豪雪地帯林業技術開発協議会 1984), クローンの遺伝的特性によっても異なることが明らかになった。また, 比較的簡易に調査可能な目視による指数調査によって, 根曲り性を調査することの妥当性を示すものと考えられる。

つぎに, 3検定林をこみにした分散分析の結果を表-5に示す。

表-5 3検定林をこみにした分散分析の結果

調査項目	変動要因	5		10		15年次					
		Fr	MS	Ms	F	Ms	F				
樹高	CI	58	0.817	15.71	**	3.45	6.34	**	5.94	3.71	**
	Pt×CI	73	0.117	2.26	**	0.51	0.94	NS	1.44	0.90	NS
	Er	222	0.052			0.54			1.6		
	(Rp)		(0.852)			(0.853)			(0.759)		
直径	CI	58	3.318	17.21	**	14.7	8.46	**	18.9	4.96	**
	Pt×CI	73	0.538	2.79	**	2.22	1.27	NS	3.69	0.97	NS
	Er	222	0.193			1.74			3.81		
	(Rp)		(0.832)			(0.848)			(0.805)		
健全率	CI	58	421	3.06	**	692	4.34	**	864	5.00	**
	Pt×CI	73	197.2	1.43	NS	272	1.71	*	315	1.82	**
	Er	222	137.4			159			173		
	(Rp)		(0.524)			(0.626)					
根曲り指数	CI	58	0.475	4.28	**						
	Pt×CI	73	0.191	1.72	*						
	Er	222	0.111								
	(Rp)		(0.590)								

CI:クローン Pt:検定林 Er:誤差 (Rp):反復率
Fr:自由度 MS:平均平方 F:F値 *:5%水準で有意 **:1%水準で有意

樹高, 直径, および健全率では, いずれの年次においても, また, 根曲り指数についてもクローン間に有意差が認められた (いずれも1%水準)。検定林とクローンの交互作用 (以下交互作用という) は5年次の樹高, 直径 (いずれも1%水準), 10, 15年次の健全率 (10年次5%, 15年次1%水準), および根曲り指数 (5%水準) において認められた。

クローンの遺伝的特性の発現の目安とされる反復率についてみると, 樹高, 直径では, 5, 10年次には83.2~85.3%, そして15年次には樹高では75.9%, 直径では80.5%にやや低下した。それに対し健全率では, 5年次は52.4%であったが, 10年次には59.8%, 15年次には62.6%にやや増大した。

さきの検定林別分散分析において, 樹高, 直径のF値は10年次に大きく低下し, 15年次にも低下する傾向であ

った。ここで3検定林をこみにして解析したとき, 樹高, 直径の反復率の低下が比較的小さかったのは, 5年次においては交互作用が認められたが, 10, 15年次においては認められなかったことがおもな原因である。それに対し, 健全率および根曲り指数の反復率が樹高, 直径に比較しやや小さかったのは, 逆に交互作用が認められたことがおもな原因である。大きな交互作用が存在するときは, 複数検定林の結果によってクローンを評価するときの障害となるが, いずれの特性も比較的高い反復率 (ほぼ60%以上) であったことから, つぎに3検定林をこみにして得られた最小2乗推定値によってクローンの特性を評価した。

(3) クローンの評価

15年次における樹高, 直径, 健全率, および根曲り指数の各クローンの最小2乗推定値を表-6に示す。また, 15年次における樹高, 健全率, および根曲り指数について, クローン間の比較を図-2に示す。

表-6 15年次における各形質の最小2乗推定値

クローン名	15年次				クローン名	15年次			
	HIT	D	HLS	ST		HIT	D	HLS	ST
S1	4.85	7.77	69.9	4.64	S32	5.41	9.97	75.8	4.67
S2	4.05	6.18	65.1	4.43	S33	4.96	9.86	56.9	4.95
S3	5.06	9.32	70.1	4.51	S34	5.36	9.34	77.8	4.42
S4	4.33	6.97	60.8	4.30	S35	5.51	10.37	59.3	3.79
S5	4.50	6.55	69.6	4.20	S36	6.76	11.32	87.4	4.42
S6	6.35	9.71	63.4	4.73	S37	5.52	9.08	88.1	4.80
S7	5.07	8.70	74.7	4.46	S38	4.98	8.37	83.0	4.33
S8	4.97	8.47	58.4	4.44	S39	6.26	10.13	73.3	4.62
S9	4.72	6.58	45.0	3.82	S40	6.57	9.40	79.3	4.88
S10	4.53	7.61	68.3	4.52	S41	5.32	8.60	67.2	4.61
S11	4.18	6.87	44.2	3.69	S42	4.64	7.78	66.8	4.35
S12	4.37	7.56	61.7	4.26	S43	5.96	10.24	91.5	4.77
S13	4.96	8.65	52.7	4.36	S44	5.39	9.36	89.4	4.64
S14	3.83	5.36	56.5	4.25	S45	7.11	11.36	77.5	4.53
S15	5.22	7.79	61.1	4.62	遠藤40	9.01	13.45	83.9	5.13
S16	4.04	6.66	49.8	4.08	遠藤149	6.88	12.51	91.6	4.79
S17	5.16	7.37	75.3	4.64	遠藤355	6.96	12.15	90.5	4.73
S18	5.32	9.12	79.5	4.79	遠藤375	5.37	9.32	73.9	4.50
S19	6.28	10.32	81.9	4.84	遠藤493	7.74	13.38	83.3	4.26
S20	4.59	6.80	43.4	4.57	真庭36	4.69	8.18	68.3	4.60
S21	7.02	10.80	71.4	4.34	真庭37	5.55	9.02	49.4	4.21
S22	4.86	8.09	53.9	4.42	苦田10	6.64	10.75	65.0	4.87
S23	5.66	8.74	69.3	4.42	苦田21	5.74	9.35	65.0	4.87
S24	5.97	9.40	80.2	4.62	英田8	4.93	8.68	58.3	4.47
S25	5.91	9.28	75.9	4.63	英田9	5.44	8.95	86.1	4.67
S26	5.38	8.24	67.4	4.62	新見6	5.29	8.88	56.1	4.16
S27	4.50	6.19	57.6	4.46	遠藤挿木	5.59	10.26	79.2	4.43
S28	5.54	9.33	74.3	4.81	遠藤実生	7.59	12.60	78.9	3.64
S29	6.40	10.56	76.6	4.73	平均	5.49	9.05	69.9	4.49
S30	5.05	9.21	78.4	4.34	標準偏差	1.01	1.77	12.4	0.30
S31	4.38	6.88	66.2	4.38					

HIT:樹高(m) D:直径(cm) HLS:健全率(%) ST:根曲り指数

15年次における平均樹高 (最小~最大値) は5.5 (3.8~9.0) m, 平均健全率は69.9 (44.2~90.5) %, 平均根曲り指数は4.49 (3.64~5.13) であった。いずれの形質もクローンによって大きく異なり, 樹高, 健全率では, 高い値を示したクローンは低い値を示したクローンに比較して2倍以上の値であった。また, 根曲り指数では, 下位の4クローン (平均3.74) は他の55クローン (平均4.55) に比較してやや低い傾向であった。

遠藤選抜個体は, 樹高, 健全率, 根曲り指数ともに比較的高い値であった。精英樹は, 樹高では中程度, 健全率では低い傾向であった。在来品種である遠藤挿木は, 樹高, 健全率, 根曲り指数ともにほぼ中程度であった。

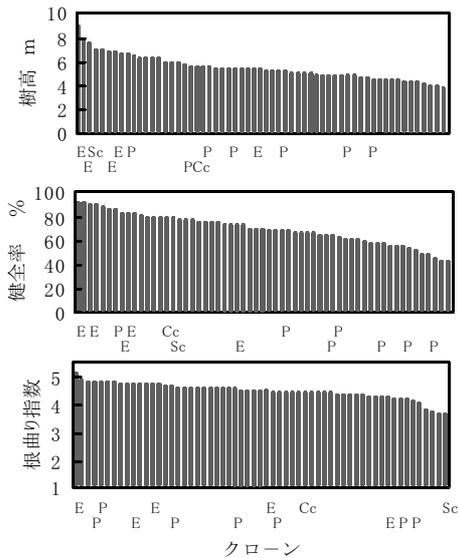


図-2 樹高、健全率、根曲り指数のクローン間の比較

E:遠藤系選抜個体 P:精英樹 Cc:遠藤挿木 Sc:遠藤実生
無印:耐雪性スギ
クローン配列:形質ごとに上位クローンから順に配列

また、遠藤実生は、樹高は高く、健全率はほぼ中程度であったが、根曲り指数は最も低い値であった。ここで遠藤実生の根曲り指数が最も低い値であったことに関連し、丹原（1991）は精英樹次代検定林においてさし木クローンと同一母樹の自然交配実生家系の傾幹幅を比較し、実生家系はさし木クローンに比較し根曲りしやすい傾向（さし木クローン平均6.0cm, 実生家系平均20.0cm）を認めている。すなわち、遠藤実生の根曲り指数が最も低い値であったのは、その遺伝的特性ばかりでなく、増殖方法の違いが関与していると考えられた。

つぎに、15年次の樹高、健全率および18～20年次における根曲り指数の5段階評点を表-7に示す。

表-7 耐雪性スギ等の評価(5段階評点)

評価	クローン名	HLS	ST	HIT	D	評価	クローン名	HLS	ST	HIT	D
○	遠藤355	5	4	4	5	S25	3	3	3	3	
○	遠藤149	5	4	4	5	S23	3	3	3	3	
○	S43	5	4	3	4	S26	3	3	3	3	
○	S44	5	4	3	3	S41	3	3	3	3	
○	遠藤40	4	5	5	5	真庭36	3	3	2	3	
○	S19	4	4	4	4	S31	3	3	2	2	
○	S29	4	4	4	4	S42	3	3	2	2	
○	S40	4	4	4	3	S10	3	3	2	2	
○	S18	4	4	3	3	S5	3	2	2	2	
○	S37	4	4	3	3	S33	2	5	2	3	
○	英田9	4	4	3	3	S6	2	4	4	3	
	S45	4	3	5	4	S15	2	3	3	2	
	S36	4	3	4	4	S13	2	3	2	3	
	遠藤挿木	4	3	3	4	S8	2	3	2	3	
	S30	4	3	3	3	英田8	2	3	2	3	
	S34	4	3	3	3	S22	2	3	2	2	
	S24	4	3	3	3	新見6	2	2	3	3	
	遠藤493	4	2	5	5	S4	2	2	2	2	
	S38	4	2	2	3	S12	2	2	2	2	
	苦田10	3	4	4	4	* S2	3	3	2	1	
	S32	3	4	3	4	* S27	2	3	2	1	
	苦田21	3	4	3	3	* S14	2	2	1	1	
	S28	3	4	3	3	* 遠藤実生	4	1	5	5	
	S17	3	4	3	2	* S35	2	1	3	4	
	S1	3	4	2	2	* S20	1	3	2	2	
	S21	3	3	5	4	* 真庭37	1	2	3	3	
	S39	3	3	4	4	* S16	1	2	2	2	
	S7	3	3	3	3	* S9	1	1	2	2	
	S3	3	3	3	3	* S11	1	1	2	2	
	遠藤375	3	3	3	3						

HLS:健全率 ST:根曲り指数 HIT:樹高 D:直径

数値はいずれも5段階評点を示す

○:優良クローン 無印:中庸クローン *:注意クローン

多雪地域の立地環境に適したスギとして、健全性、根曲り性を第一義に考慮し、成長特性を勘案して耐雪性スギ等をつぎの基準によって分類した。

耐雪性優良クローン：健全率、根曲り指数評点がともに「4」以上で、樹高、直径がともに「3」以上である。

耐雪性注意クローン：健全率、根曲り指数、および樹高、直径評点のいずれかが「1」である。

耐雪性中庸クローン：優良・注意クローンのいずれにも該当しない。

耐雪性優良クローンとして11クローン、中庸クローンとして38クローン、注意クローンとして10クローンが分類された。優良クローンとしては、遠藤選抜個体3クローン（遠藤149, 遠藤40, 遠藤355）、耐雪性スギ7クローン（耐雪18, 19, 29, 37, 40, 43, 44）、および精英樹1クローン（英田9）であった。一方、注意クローンとしては、耐雪性スギ8クローン、精英樹1クローン、および遠藤実生であった。

ここで耐雪性優良クローンのなかで、遠藤選抜個体は、天然林の多くの個体から採穂し、発根検定の後、試験試験地において選抜することによって育成した。また、耐雪性スギ7クローンのうち4クローン（耐雪37, 40, 43, 44）は多雪地域の人工林から選抜した。これらのことから、地域の立地環境に適した郷土品種を育成しようとするとき、天然林を選抜対象とする場合、選抜はできるだけ低い選抜基準によって多くの個体を収集し、発根検定の後、試験植栽によって選抜を実施する育種手法が、選抜時にすでに発根性が確保されていることもあり（いずれも発根率80%以上であった）、効率性、実用性の面から有効であることが明らかになった。ただし、林木には早晚性に関する特性も認められており（外山・黒木 1996）、選抜にあたっては晩成型クローンの棄却にも配慮する必要がある。また、根曲り形質等を重点として選抜を実施しようとするとき、人工林を対象としての選抜が、天然林に比べ選抜効果が高いことが明らかになった。

つぎに、8クローンについて、精英樹次代検定林の間伐木を使用して調査した動的ヤング係数（丹原 2002, 以下ヤング係数という）と今回調査した根曲り指数の関係（いずれも最小2乗推定値）を図-3に示す。

ヤング係数と根曲り指数には比較的相関が認められ（ $r=0.793$, $p<0.05$ ）、積雪地帯における根曲り特性の発現に材の強度（ヤング係数）が関与していることが示唆された。スギにおいてヤング係数が低いことは材質上の重要な問題となっており（たとえば西村 1990, 藤澤 1992など）、また、丹原・小玉（2002）の調査において、ヤング係数は、樹高、直径、容積密度数、心材含水率、心材色等多くの形質のなかで、きわめてクローンの遺伝的特性が発現しやすい形質であることが明らかに

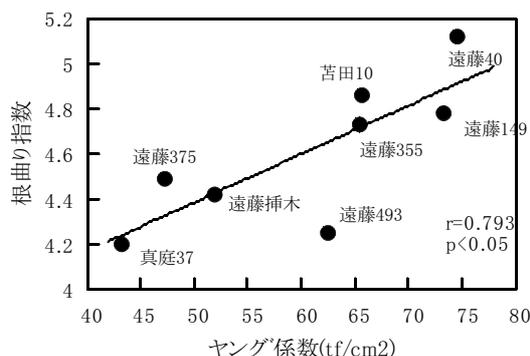


図-3 ヤング係数と根曲り指数の関係

なっている（反復率約90%）。これらのことから、ヤング係数によってクローンの特性を評価することは、材の強度的特性の上からだけでなく、積雪地域における根曲り性の評価においても重要である。さらに、材の強度は冠雪害抵抗性にも関与し、強度の小さい品種では冠雪害を受けやすいとされており（たとえば片岡ら 1983, 嘉戸ら 1986, 中谷 1991など）、いわゆる雪害抵抗性の指標としてきわめて重要であると言える。

2. 共同検定林における成長等の調査

(1) 調査結果

樹高、直径の調査結果を表-8に、健全率、傾幹幅の調査結果を表-9に示す。また、樹高、直径、健全率の経年変化を図-4に示す。

表-8 樹高、直径の調査結果(2反復平均値)

クローン名	5		10		15		20		30年次											
	HIT	D	HIT	D	HIT	D	HIT	D	HIT	D										
S11	1.16	0.77	1.8	0.52	2.54	0.74	6.9	0.68	4.37	0.49	7.8	0.65	6.80	0.96	14.1	0.88	9.94	0.93	21.8	0.85
S12	1.21	0.86	2.3	0.77	2.92	0.82	7.5	0.75	4.50	0.89	8.8	0.77	6.67	0.98	13.7	0.90	11.36	1.03	22.9	0.95
S13	0.76	0.58	1.4	0.45	1.15	0.40	2.9	0.36	1.75	0.38	3.3	0.32	4.55	0.70	10.5	0.68	8.03	0.75	17.2	0.75
S15	1.08	0.68	2.0	0.52	2.62	0.79	6.4	0.64	4.27	0.85	8.1	0.69	5.99	0.93	12.2	0.78	10.58	0.97	19.9	0.80
S17	1.26	0.78	2.3	0.61	2.92	0.87	7.7	0.76	4.57	0.90	9.3	0.78	5.66	0.86	12.7	0.81	10.13	0.93	21.6	0.87
S18	1.05	0.78	2.1	0.64	2.87	1.02	6.4	0.78	4.52	1.00	8.8	0.85	6.18	1.05	13.1	0.96	10.68	1.19	22.1	0.96
S19	1.06	0.83	2.1	0.73	2.63	1.00	7.1	0.91	4.30	1.03	8.6	0.95	5.57	0.91	11.5	0.87	9.86	0.96	21.4	0.94
S21	1.19	0.87	2.3	0.78	3.25	1.11	7.9	0.95	4.61	1.02	9.4	0.96	6.03	0.99	13.2	0.93	10.59	1.02	20.9	0.86
S23	1.02	0.73	1.9	0.56	2.42	0.78	6.5	0.72	3.89	0.86	7.1	0.69	5.27	0.82	11.4	0.82	10.52	1.01	22.1	0.94
S26	1.37	1.02	2.3	0.80	3.31	1.05	6.7	0.76	4.58	1.02	8.3	0.79	5.86	0.97	10.8	0.77	9.53	0.86	19.4	0.72
S27	1.12	0.78	1.8	0.54	2.67	0.85	5.9	0.62	4.29	0.93	8.2	0.77	5.94	0.96	12.0	0.88	10.93	0.98	21.9	0.81
S29	1.19	0.82	2.3	0.69	3.25	1.03	7.7	0.81	4.87	0.97	9.3	0.84	7.11	1.03	14.2	0.93	7.21	0.74	22.6	0.96
S30	1.03	0.80	2.1	0.71	2.55	0.89	7.1	0.86	3.54	0.78	7.3	0.73	4.84	0.80	11.0	0.77	8.85	1.09	20.2	0.88
S31	0.81	0.67	1.3	0.47	1.84	0.62	4.3	0.52	2.84	0.64	4.1	0.44	4.49	0.72	6.2	0.44	8.59	0.78	14.7	0.61
S32	1.10	0.75	2.2	0.63	2.50	0.79	6.7	0.70	4.12	0.84	7.4	0.68	5.88	0.88	11.8	0.79	10.61	1.08	24.4	1.04
S33	0.93	0.77	1.7	0.66	2.96	1.13	6.8	0.94	4.71	1.09	9.1	1.02	6.50	1.02	13.4	0.99	11.93	1.16	24.7	1.08
S34	0.90	0.62	1.7	0.53	2.23	0.70	5.5	0.60	3.93	0.80	6.9	0.63	5.24	0.82	10.4	0.68	9.61	0.92	20.1	0.82
S35	1.06	0.69	2.1	0.64	2.47	0.75	6.7	0.69	4.02	0.87	7.9	0.75	6.04	0.93	12.3	0.83	10.14	1.04	20.3	0.81
S38	1.11	0.76	2.3	0.76	2.53	0.76	7.0	0.75	3.78	0.82	7.6	0.70	4.69	0.74	11.5	0.79	9.77	1.00	21.3	0.83
野上路1	1.08	0.70	1.9	0.56	3.01	0.83	7.4	0.69	4.89	0.94	9.4	0.75	6.33	0.90	14.0	0.86	11.47	1.08	23.8	0.92
平均	1.07	0.76	2.0	0.63	2.63	0.84	6.5	0.72	4.12	0.85	7.8	0.74	5.77	0.90	12.0	0.82	10.07	0.98	21.2	0.87
標準偏差	0.07	0.09	0.1	0.13	0.49	0.17	1.2	0.14	0.73	0.10	1.8	0.12	1.11	0.12	2.3	0.11	1.11	0.12	2.3	0.11

HIT:樹高(m) D:直径(cm)

樹高、直径：成長経過をみると、樹高、直径ともに5年次ごとにほぼ一定量の成長を示した。なお、直径において15年次の成長量の増大がやや小さかったのは、おもに直径測定位置が異なったためである（5, 10年次：根元直径, 15年次以降：胸高直径）。また、検定クローン集団は対照品種（山本沖ノ山）と比較し、生育初期においては小さい傾向であったが（5年次平均樹高比数0.76, 平均直径比数0.63）、年次の経過とともにその差は小さくなり、30年次において樹高はほぼ同等（平均樹高比数0.98）、直径はやや小さい傾向であった（平均直径比数0.87）。

表-9 健全率および傾幹幅の調査結果(2反復平均値)

クローン名	健全率 %						傾幹幅		
	5	10	15	20年次	同比数	30年次	同比数	cm	同比数
S11	65.0	80.0	65.0	50.0	0.64	45.0	0.69	41.8	0.65
S12	70.0	70.0	70.0	60.0	0.77	60.0	1.20	40.2	0.35
S13	35.0	35.0	25.0	15.0	0.44	20.0	0.50	25.2	0.23
S15	70.0	65.0	60.0	45.0	0.61	45.0	0.58	53.6	0.38
S17	75.0	80.0	75.0	60.0	0.82	50.0	0.67	55.4	0.43
S18	75.0	80.0	80.0	60.0	0.86	65.0	0.93	48.7	0.32
S19	60.0	80.0	80.0	75.0	1.61	70.0	4.50	32.5	0.36
S21	95.0	100.0	75.0	70.0	0.89	65.0	0.90	100.4	1.20
S23	60.0	60.0	65.0	50.0	0.74	55.0	0.94	64.4	0.58
S26	60.0	85.0	75.0	55.0	1.61	45.0	1.30	61.1	0.40
S27	60.0	60.0	45.0	45.0	0.83	35.0	1.03	37.6	0.29
S29	50.0	70.0	70.0	60.0	0.94	45.0	0.64	37.3	0.49
S30	80.0	90.0	75.0	55.0	0.77	35.0	0.50	55.0	0.68
S31	70.0	60.0	30.0	35.0	0.58	15.0	0.30	63.4	0.67
S32	45.0	80.0	75.0	60.0	0.99	30.0	0.43	35.1	0.40
S33	65.0	60.0	40.0	40.0	1.25	50.0	2.25	10.2	0.14
S34	65.0	80.0	55.0	55.0	0.76	45.0	0.67	50.4	0.28
S35	75.0	75.0	45.0	50.0	0.83	40.0	0.83	37.4	0.67
S38	70.0	80.0	60.0	45.0	0.85	25.0	0.54	90.2	0.69
野上路1	80.0	70.0	65.0	55.0	0.66	50.0	0.72	40.7	0.36
平均	61.2	67.3	58.9	50.0	0.94	44.9	1.15	49.0	0.48
標準偏差	12.9	13.6	16.1	12.6	0.29	14.5	0.90	20.7	0.24

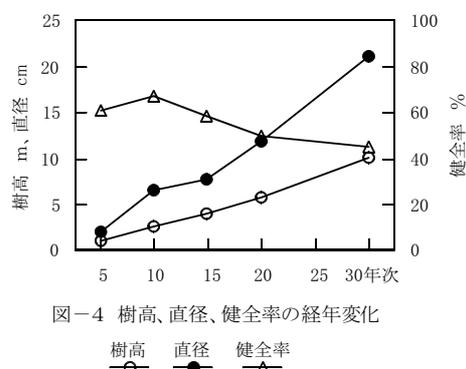


図-4 樹高、直径、健全率の経年変化

健全率：5年次の平均健全率は61%で、10年次にはやや増大したがその後漸減し、30年次には45%であった。10年次にやや増大したのは、積雪等による被害木（樹幹の傾き木等）が、雪起し施業等によって回復したことも原因であると推察した。なお、20, 30年次における平均健全率は対照品種とほぼ同等であった（20年次平均健全率比数0.94, 30年次1.15）。

傾幹幅：平均傾幹幅は49.0cmであった。ただし、平均傾幹幅比数は0.48（対照クローンの平均傾幹幅は102.1cm）であり、検定クローン集団は対照品種に比較してきわめて根曲りが小さいことが明らかになった。

(2) 分散分析の結果

樹高、直径、健全率、および傾幹幅の分散分析結果を表-10に示す。

樹高、直径：樹高、直径ともに5, 10年次においてはクローン間に有意差が認められ（いずれの年次も樹高は1%水準, 直径は5%水準）、比数では5, 10年次の樹高においてのみ認められた（5%水準）。しかし、15年次以降は実数, 比数ともに認められなかった。クローン間のF値は樹高、直径ともに15年次に大きく低下し、30年次にはさらに低下する傾向であった。また、樹高比数は実数と同様に15年次に大きく低下したが、直径比数は30年次に大きく低下した。

県内検定林の解析において、10年次以降クローン間の

表-10 分散分析の結果

形質	変動要因	5			10			15			20			30年次		
		Fr	MS	F	Fr	MS	F	Fr	MS	F	Fr	MS	F	Fr	MS	F
樹高	Rp	1	367.2	3.07 NS	1	0.1	0.00 NS	12638.1	3.51 NS	6844.7	1.36 NS	5850.3	0.35 NS			
	Cl	19	423.0	3.54 **	18	2768.8	3.96 **	5019.1	1.40 NS	10105.4	2.01 NS	12623.5	0.76 NS			
	Er	19	119.5		18	698.3		3595.6		5034.5		16649.3				
同比数	Rp	1	11.2	14.20 **	1	2.8	1.74 NS	1.4	0.38 NS	5.2	4.37 NS	0.0	0.03 NS			
	Cl	19	1.9	2.36 *	18	4.3	2.66 *	4.1	1.11 NS	1.8	1.55 NS	2.2	1.31 NS			
	Er	19	0.8		18	1.6		3.7		1.2		1.7				
直径	Rp	1	0.1	0.02 NS	1	451.6	8.25 **	2.6	0.01 NS	301.3	0.88 NS	1315.7	1.99 NS			
	Cl	19	18.8	2.56 *	18	145.9	2.67 *	315.0	1.66 NS	683.0	2.00 NS	957.8	1.45 NS			
	Er	19	7.3		18	54.7		190.1		341.6		661.1				
同比数	Rp	1	21.7	15.45 **	1	0.6	0.49 NS	0.0	0.00 NS	0.7	0.47 NS	0.0	0.02 NS			
	Cl	19	2.3	1.66 NS	18	2.6	2.13 NS	3.5	2.08 NS	2.9	2.06 NS	2.4	1.29 NS			
	Er	19	1.4		18	1.2		1.7		1.4		1.9				
健全率	Rp	1	3062.5	16.68 **	1	2890.0	12.74 **	360.0	0.76 NS	250.0	0.34 NS	90.0	0.17 NS			
	Cl	19	370.9	2.02 NS	19	391.6	1.73 NS	542.6	1.14 NS	333.7	0.45 NS	441.6	0.81 NS			
	Er	19	183.6		19	226.8		475.8		739.5		542.6				
傾幹幅	Rp	1								14675.2	14.75 **					
	Cl	19								859.9	0.86 NS					
	Er	19								995.0						
同比数	Rp	1								0.1	0.02 NS					
	Cl	19								11.1	2.08 NS					
	Er	19								5.3						

Rp: 反復 Cl: クローン Er: 誤差 Fr: 自由度(前年次に同じときは省略) MS: 平均平方 F: F値
*: 5%水準で有意 **: 1%水準で有意 NS: 有意差なし

F値が大きく低下した原因として、樹冠のうっ閉、調査本数の減少との関係が示唆されたが、ここで共同検定林において15年次以降F値が大きく低下したのは、共同検定林においては1列おきに対象クローンを植栽するという試験設計上の配慮をしたが、厳しい積雪環境と微地形等による変動がきわめて大きかったこと、およびプロットあたりの植栽本数が10本と比較的少数であったことがおもな原因であると推察した。また、雪害被害木の増大、およびそれらの回復等によって誤差が拡大したものと推察した。

健全率：いずれの年次もクローン間に有意差が認められず、クローン間のF値は年次の経過にともない低下する傾向であった。また、20、30年次における比数においても、同様にクローン間差が認められなかった。県内検定林においては年次の経過にともないクローン間の差が大きくなる傾向であったが、共同検定林においては逆に小さくなった。これは前述したように、厳しい積雪環境と微地形等による変動、およびプロットあたりの調査本数がおもな原因であると推察した。

傾幹幅：傾幹幅、同比数ともにクローン間に有意差が認められなかった。ただし、比数については5%水準に近い有意差がみられ、比数を使用したことによってクローンの検定精度がやや向上した。

(3) 県内検定林と共同検定林の比較

県内検定林における10年次樹高(最小2乗推定値)と共同検定林における10年次樹高(2反復平均値)の関係を図-5に示す。また、県内検定林における根曲り指数(最小2乗推定値)と共同検定林における傾幹幅比数(2反復平均値)の関係を図-6に示す。

樹高では検定林間に相関が認められた($r = 0.572$, $p < 0.05$)。また、根曲り性においても異常値的な値を示した1クローン(耐雪21)を除けば、高い相関が認められた($r = 0.607$, $P < 0.01$)。ここで共同検定林での

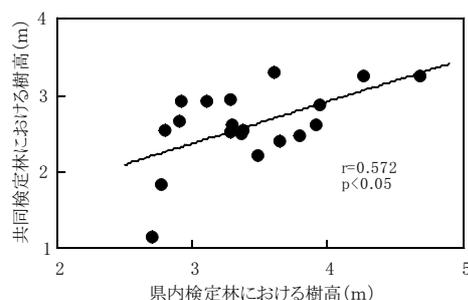


図-5 県内検定林と共同検定林の調査結果の比較(10年次樹高)

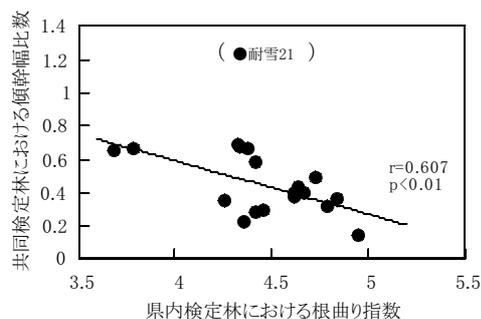


図-6 県内検定林と共同検定林の調査結果の比較(根曲り性)

「耐雪21」の値を厳しい積雪環境に対する反応性とみないで、異常値とみなしたのは、共同検定林においてはクローン間に有意差が認められなかったこと、および「耐雪21」を除くほかの18クローンについては異常値的な反応がみられなかったためである。

すなわち、県内検定林において成長の良好なクローンは、共同検定林においても良好な傾向を示し、また、県内検定林において根曲りしにくいクローンは、積雪環境の一層厳しい共同検定林においても根曲りしにくい傾向を示すと考えられた。前述したように共同検定林においては厳しい積雪環境と微地形等による変動が大きく、クローン間に有意差が認められたのは5、10年次の成長形質のみであった。このような検定誤差の大きい検定林においてクローンの特性評価を行うのは適当でない。したがって、19クローンの耐雪性スギについては県内検定林と共同検定林の両検定林で検定したが、検定精度が比較的高い県内検定林の結果から得られた特性値(1.項)によって、積雪環境における生育性、根曲り性等を評価するのが妥当である。

3. 共同検定林および集積林におけるアイソザイム分析

アイソザイムバンドの出現パターンに、数量化II類を適用した結果を表-11に示す。

アイソザイムパターンから集団がどの程度判別されているかの指標となる相関比(集団間平方和/総平方和)は、第I軸で0.314と比較的高い値を示し、第I軸で比較的良好に判別された。各バンドの偏相関では、F、A、Iバンドが比較的高い値であった。このなかで、Aバンドは天然スギの分布地が西から東、そして北へ移行するほど保有するクローン数が増加し、Iバンドは逆に西か

ら東に移行するほど減少する傾向であった。

表-11 アイソザイムバンドの数量化Ⅱ類による分析結果(第Ⅰ軸)

アイテム (バンド)	カテゴリ	頻度	カテゴリ 数量	レンジ (偏相関)	アイテム バンド	カテゴリ	頻度	カテゴリ 数量	レンジ (偏相関)
A	無(1)	88	0.512	0.891	F	無(1)	205	-0.048	4.973
	有(2)	119	-0.379	(0.274)		有(2)	2	4.925	(0.309)
B	1本(1)	83	0.086	0.143	G	1本(1)	203	-0.036	1.857
	2本(2)	124	-0.057	(0.045)		2本(2)	4	1.821	(0.169)
C	無(1)	92	0.289		H	無(1)	1	-0.183	0.184
	1本(2)	105	-0.238	0.527		有(2)	206	0.001	(0.008)
	2本(3)	10	-0.159	(0.161)	I	無(1)	58	-0.595	0.827
D	無(1)	1	-0.514		J	有(2)	149	0.232	(0.236)
	1本(2)	140	-0.004			無(1)	205	-0.031	3.184
	2本(3)	65	0.010	0.883	有(2)	2	3.153	(0.205)	
	3本(4)	1	0.369	(0.030)					
E	1本(1)	81	-0.079	0.130	相関比		0.314		
	2本(2)	126	0.051	(0.043)					

カテゴリ-():カテゴリに付与した数値

つぎに8集団(集団あたりのクローン数が9以上)についての第Ⅰ軸の平均スコアを図-7に示す。

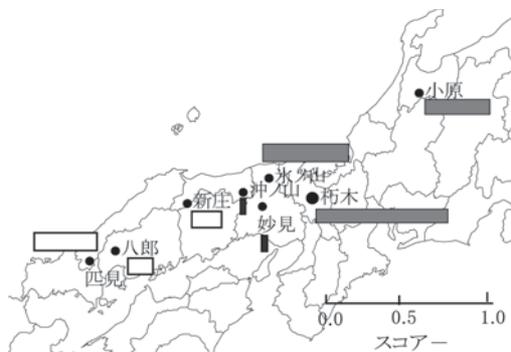


図-7 天然林集団の位置と数量化Ⅱ類分析における平均スコア(第Ⅰ軸)

●:天然林集団の位置
□:平均スコア(正值) ■:平均スコア(負値)

平均スコアは、朽木(滋賀県)で最小値を示し、分布域が北方あるいは西方に位置するほどスコアが大きくなる傾向であった。そして、最も西方に位置する匹見(島根県)で最大値を示した。特に朽木は氷ノ山(兵庫県)を除く他の集団と大きく異なった。また、分布域が隔離するほど平均スコアの差は大きくなる傾向がみられ、遺伝的類似性が低いことが示唆された。

塚田(1980)は、花粉分析の結果から約15,000年前の晩氷期において、裏日本でのスギの逃避地を琵琶湖周辺とし、そしてその後温暖化にともなって、北方、および南方に拡散していったとした。このパーオキシターゼアイソザイムの解析結果は塚田の見解とよく一致し、天然スギの発生あるいは拡散に関して興味ある示唆を与えた。アイソザイムは育種をしようとする形質の特性を直接表すものではないが、遠隔地のスギを利用することへの警鐘であるといえる。

IV おわりに

天然スギは古くから、一部にはさし木や実生によって、いわゆる地域品種として利用されてきた。本研究は、本県の多雪地帯に適したスギを育種するために、一部は他県との共同研究によって、天然林からの選抜、検

定林の設定、長年月にわたる調査等を組織的、計画的に推進してきた。

検定林設定後20年あるいは30年を経過し、多くの有益な情報、知見を得た。特に、多雪地帯に適する郷土品種として11クローンを選定した。先人の識見、努力に敬意を表するとともに、本研究の成果を活用して採種園、採穂園の改良を図り、林業の現場に利用することが重要である。

それとともに、今後間伐材等を使用して材の強度特性等を調査することが、材を利用する上からだけでなく、積雪環境に対する適応性を明らかにする上からも重要である。また、雪害には幼齢期に発生する雪圧害ばかりでなく、3~4齢級以上で突発的に発生し、激甚被害を与えることがある冠雪害被害があることから(豪雪地帯林業技術開発協議会 1984)、今後とも長期的な観察、調査が必要である。

V 謝辞

県内検定林の設定、管理等にあたっては岡山県林業公社および上斎原村にご理解とご協力を得て実施した。また、共同検定林および集植林については30年次の調査をもって一定の成果が得られたことから試験地を解除したが、(財)思齊社(代表 坂尾裕正氏)には試験地の提供、管理はもとより、調査等にあたっても多大の便宜を図っていただいた。ここに記してお礼申し上げる。

引用文献

- 藤澤義武(1992) 育種による材質改良の可能性—スギの材質に関するクローン特性—。林木の育種164:12-16.
- 嘉戸昭夫・平秀彰・中谷浩(1986) スギ3品種の冠雪害の差異と立木強度。富山林試研報11:7-15.
- 豪雪地帯林業技術開発協議会(1984) 雪に強い森林の育て方。170pp, 日本林業調査会。東京。
- 石川栄助(1983) 新統計学。426pp, 槇書店, 東京。
- 片岡健次郎・村井政文・栗田稔美(1983) スギ在来品種の冠雪量と樹冠形態(予報)。日林論94:721-722.
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1971) 優良天然スギの選抜と育成—次代検定林・集植林設定報告書—。
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1976) 優良天然スギの選抜と育成—次代検定林・集植林中間報告書—。
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1984) 優良天然スギの選抜と育成—次代検定林・集植林10年生調査報告—。
- 関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会(1987) 優良天然スギの選抜と育成—次代検定林・集植林15年

目調査報告一。
関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会（1993）
優良天然スギの選抜と育成一次代検定林・集植林20年
目（第一次検定）調査報告一。
関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会（1996）
優良天然スギの選抜と育成一パーオキシターゼアイン
ザイム分析結果報告一。
関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会（1998）
優良天然スギの選抜と育成一次代検定林・集植林25年
目調査報告一。
関西地区林業試験研究機関連絡協議会育種部会（2003）
優良天然スギの選抜と育成一次代検定林・集植林30年
目調査報告一。
関西地区林業試験研究機関連絡協議会立地部会（1981）
立地区分（北陸・近畿，中国・四国）。
関西育種場山陰支場（1966）天然スギからの選抜。
栗延晋・金子富吉・新谷康則・大庭喜八郎（1984）次代
検定林間で共通して植栽されていない家系データを含
めた地域区分の試み。日林誌66(3):109-112。
中谷浩（1991）林木の冠雪害に関する樹木の力学的研
究。富山林試技研報4:1-54。
西村勝美（1990）加工技術面からのスギ並材需要拡大の
課題。山林90(8):21-27。
林野庁（1956）林木育種事業指針。
林野庁（1970）林木の抵抗性育種実施要領。
武本信夫（1967）天然スギ優良個体選抜試験（Ⅰ）。岡
林試報告(8):1-5。
武本信夫（1968）天然スギ優良個体選抜試験（Ⅱ）。岡
林試報告(9):1-3。
丹原哲夫（1991）平成6年度関西地区林業試験研究機関
連絡協議会育種部会資料。
丹原哲夫・関西地区林業試験研究機関育種部会（1997）
北陸・中国山地の天然スギ選抜・育成と遺伝資源の保
存ー利用します，守ります地元の天然スギー。第3回林
木遺伝育種セミナー：9-15。
丹原哲夫（2001）スギ，ヒノキクローンの成長特性の発
現ー15年間の集植林調査からー。森林応用研究10(2):5
5-59。
丹原哲夫・小玉泰義（2002）スギ精英樹の材質特性に関
する研究。岡林試研報18:67-81。
丹原哲夫（2003）ヒノキ実生家系次代検定林における成
長特性の発現ー5～20年次における経年変化ー。日林
関西支部発表要旨集54。
外山三郎・黒木嘉久・河村嘉一郎（1996）津川山スギ試験
地における精英樹「No.141-36」等の成長経過。林木育
種センター関西育種場年報31:86-93。
塚田松雄（1980）スギの歴史ー過去一万五千年間ー。科
学No.50:538-546。

横尾一行（1962）遠藤杉の優良個体選抜試験。岡林試報
告(2):48-66。

付表-1(1)5年次調査結果(樹高、直径)

クローン 名	樹高 (m)									直径 (cm)								
	S1			S2			S3検定林			S1			S2			S3検定林		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
S1	1.13	0.80	1.19	1.02	1.12	1.18	1.98	1.47	1.64	1.6	1.2	1.7	2.2	2.9	1.9	4.1	3.1	3.3
S2	0.86			1.74	1.44	1.17	1.54	1.20	1.39	1.1			2.8	2.3	2.0	3.2	2.7	2.7
S3		1.10	0.97	1.44	1.45	1.24	1.87	1.79	1.71		1.8	1.7	2.5	3.3	2.6	4.3	4.0	3.6
S4				1.14	1.31	0.96	1.76	1.31	1.23				2.4	2.3	1.6	3.7	2.8	2.5
S5	1.03		0.89	1.02	1.13	1.15	1.24	1.12	1.31	1.3		1.5	2.4	2.0	2.2	2.9	2.6	3.1
S6				2.01	1.56	1.77							2.8	2.4	2.9			
S7							2.31	1.93								4.0	3.7	
S8	1.06	1.68		1.14	1.09	1.22	1.85	1.45	1.66	1.8	2.5		2.1	2.1	1.8	3.9	3.2	3.3
S9							1.29	1.02	1.50							2.6	2.2	3.4
S10		0.81		1.43	0.95	1.09	1.84	1.68	1.35		1.2		2.3	2.0	1.8	3.7	3.7	2.8
S11				2.01	1.12	1.13	1.70	1.32	1.31				3.2	2.1	1.7	3.1	2.6	2.5
S12	0.70		0.96	1.51	1.70	1.22	1.33	1.46	1.46	1.0		1.7	2.6	3.1	2.0	2.5	3.1	3.0
S13					0.86	1.03		1.39						2.0	2.0		3.2	
S14	0.93	0.97		1.11	1.04	1.00	1.27	1.24	0.92	1.2	1.4		1.9	2.2	1.5	2.3	2.2	1.8
S15		1.05	1.01	1.49	1.63	1.21	2.32	1.77	1.42		1.7	1.7	2.8	2.9	2.3	4.4	3.5	2.4
S16			0.99				1.64	1.26	1.18			1.5			3.5	2.6	2.7	
S17				1.12	1.30				1.32				2.3	2.2				2.7
S18	1.08			1.80	1.29	1.51	1.75	2.02	2.09	1.8			2.9	2.5	2.4	3.4	3.8	3.8
S19	1.42	1.37	1.00	1.92	1.65	1.70	1.96	2.34	1.99	2.3	2.2	1.5	3.5	3.1	3.5	4.2	5.0	4.3
S20		0.92		1.08	1.36	1.13	1.13	1.45	0.98		1.3		2.8		2.5	2.0	3.3	1.9
S21	0.81	1.88	1.59	1.28	1.50	1.51	2.15	2.48	1.65	1.5	2.8	2.6	2.9	2.9	3.0	4.5	5.1	3.2
S22			0.95		0.87	0.94	2.08	1.73	1.62			1.7		2.1	1.9	4.2	3.5	3.1
S23	1.24						1.63	1.42	1.56	2.2						3.8	3.1	3.4
S24	1.37	0.97	1.17	1.24	1.16	1.53	1.87	2.19	1.97	2.4	1.2	1.9	2.9	2.8	2.9	3.9	4.8	4.0
S25		0.99		1.39	1.28	1.70	2.25	1.81	2.48		1.4		2.8	2.4	2.6	4.7	3.7	4.7
S26	1.54	1.45	0.87	1.22	1.65	1.60	2.06	1.32	1.72	2.4	1.9	1.4	2.6	2.5	2.5	3.9	2.3	3.1
S27	1.17	0.89	1.14	1.18	1.34	1.36	1.14	1.02	1.26	1.7	1.2	1.6	2.6	2.1	1.9	2.1	1.9	2.4
S28	1.31	0.92	0.71	1.46	1.35	1.72	2.28	1.93	1.72	2.2	1.5	1.2	3.1	2.6	3.3	4.9	4.0	3.7
S29	1.41		1.25	1.54	2.01	1.52	2.20	2.09	2.20	2.2		1.7	2.6	3.5	3.0	4.5	4.1	4.3
S30	1.27	0.85	0.97	1.26	1.29	1.33	2.16	2.12	1.90	1.9	1.2	1.4	3.3	3.3	2.5	5.0	5.1	4.6
S31			0.95	1.07	0.90	1.09						1.1	2.5	2.0	2.2			
S32				1.44	1.35	1.39	1.67	1.63	1.68				2.6	2.3	2.5	4.2	3.7	3.6
S33								1.83								4.4		
S34		0.94	1.10	1.28	1.38	1.46	1.79	1.79	1.85		1.9	1.8	3.1	2.8	2.7	4.4	4.1	4.2
S35	1.27		0.94							2.4		2.1						
S36	1.81	1.28	1.47	2.08	1.62	2.22	2.83	2.58	2.45	2.7	1.9	2.2	3.9	3.2	4.2	5.6	5.0	4.5
S37	1.00	1.15	1.31	1.71	1.27	1.40	2.54	2.02	2.29	1.7	1.8	2.2	3.9	2.9	2.2	5.3	4.1	5.0
S38				1.05	1.23	1.49	1.91	1.39	1.71				2.8	2.9	3.0	4.4	3.2	4.3
S39	1.24	1.72	1.36	2.01	1.41	1.49	2.13	1.91	1.96	1.7	2.7	2.2	3.8	3.0	2.6	4.4	3.9	4.0
S40	1.64	1.55	1.74	1.92	2.01	1.77	2.69	2.25	2.46	2.1	1.8	2.5	3.1	3.1	2.8	5.2	3.8	4.5
S41	0.87	1.17		1.54	1.00	1.66	1.63	1.74	1.64	1.4	1.8		2.7	2.1	2.5	3.2	3.5	3.3
S42	0.94	1.20	0.81	1.15	1.28	1.12	1.79	1.49	1.84	1.4	1.6	1.1	2.2	2.1	1.9	3.7	3.0	3.7
S43	1.58	1.13	1.27	1.77	1.44	1.65	3.10	2.81	2.73	2.0	1.4	1.8	4.0	3.1	2.9	6.2	5.5	5.4
S44	1.76	0.83		1.90	1.60	1.48	2.32	2.08	2.24	3.0	1.2		3.4	2.9	2.5	4.6	4.3	4.4
S45				1.84	1.70	1.85	2.58	2.21	2.27				3.4	3.0	3.3	5.2	4.8	4.6
遠藤40	2.42	1.77	1.84							3.9	2.6	2.6						
遠藤149							3.07	2.85	2.73							6.8	6.7	5.9
遠藤355	1.40	2.42	1.69				3.10	3.09	2.38	2.3	3.9	2.4				6.8	6.4	4.3
遠藤375	1.51	1.70	1.09							2.4	2.8	1.8						
遠藤493	1.83	2.01	2.06				2.76	3.11	2.83	2.7	2.9	3.2			5.6	6.4	5.8	
真庭36	1.35	0.89	0.97							2.3	1.3	1.2						
真庭37	1.25	1.51	0.78							2.0	2.4	1.3						
苫田10	1.93	1.64	1.72							3.0	2.3	2.5						
苫田21	0.99	1.75	0.84							1.6	2.7	1.3						
英田8	1.64	0.99	0.90							2.3	1.4	1.3						
英田9	1.27	1.21	1.23							1.7	1.7	1.5						
新見6	1.33	1.02	1.08							1.7	1.5	1.5						
遠藤挿木				1.52	1.55	1.34	2.69	2.40	2.24				3.0	3.1	2.3	6.4	5.3	4.7
遠藤実生	2.33	1.91	1.44	2.02	2.38	2.19	3.64	3.09	3.26	4.0	3.1	2.5	4.7	5.6	4.6	7.4	6.5	7.6
平均	1.34	1.29	1.17	1.48	1.38	1.42	2.06	1.86	1.84	2.08	1.92	1.80	2.91	2.69	2.51	4.29	3.90	3.78

付表-1(2)10年次調査結果(樹高、直径)

クローン 名	樹高 (m)									直径 (cm)								
	S1			S2			S3検定林			S1			S2			S3検定林		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
S1	2.06	1.45	2.91	2.84	2.63	2.13	5.2	4.1	4.4	3.6	2.2	4.8	6.0	5.3	4.2	11.5	7.8	9.1
S2	1.90			3.07	2.59	1.77	4.1	3.2	3.4	2.7			5.9	5.2	3.7	8.7	6.7	6.9
S3		2.76	2.05	2.98	2.76	2.98	4.0	4.2	5.1		4.9	3.5	7.0	6.4	6.0	11.8	11.1	10.0
S4				3.06	2.16	1.59	6.1	3.7	3.0				5.6	5.1	2.9	14.3	7.0	6.7
S5	2.07		1.94	2.62	2.07	2.57	4.3	3.3	3.8	3.6		3.8	5.0	5.0	5.0	8.2	6.7	8.1
S6				3.90	2.80	3.53							8.1	5.8	6.9			
S7							7.0	4.3								11.8	10.3	
S8	1.73	4.19		2.59	2.10	2.04	5.3	4.2	4.3	4.6	8.3		6.0	4.2	3.4	11.8	9.5	9.3
S9							3.9	3.6	4.6							7.5	7.8	9.2
S10		1.94		3.21	2.03	2.12	5.2	4.5	3.8		3.1		6.1	4.1	4.5	11.1	9.7	7.3
S11				3.99	2.05	1.82	4.6	3.5	3.3				7.3	4.4	4.2	10.2	6.9	7.0
S12	1.38		2.02	2.95	3.31	2.27	3.8	4.1	4.3	2.3		3.5	6.2	7.1	4.3	8.5	8.5	9.3
S13					1.54	2.00		4.4						3.8	5.3			9.1
S14	2.28	2.08		2.37	2.26	1.60	3.7	3.8	2.7	3.0	2.9		4.3	4.5	3.7	7.1	6.5	5.2
S15		2.29	2.41	2.58	3.00	2.79	5.8	4.9	3.4		3.9	4.5	5.8	6.1	5.8	11.8	9.3	6.7
S16			2.71				4.8	3.5	3.5			4.9				9.8	6.6	7.1
S17				3.19	2.32				4.0				7.5	4.8				8.0
S18	2.84			3.59	2.62	4.21	4.9	5.1	6.1	4.3			7.1	4.9	5.8	9.5	10.9	10.1
S19	3.61	3.23	2.07	3.54	3.12	4.61	4.7	5.7	4.7	6.2	6.1	3.4	7.8	6.8	9.0	10.9	12.3	11.0
S20		2.37		3.37		2.61	3.4	4.0	2.9		4.6		5.0		4.6	6.7	8.6	5.5
S21	1.42	5.42	4.28	4.28	2.95	4.45	5.8	6.9	6.6	2.9	8.3	8.2	7.6	6.0	7.9	12.9	12.7	9.7
S22			3.38		1.69	1.78	5.4	4.7	4.6			5.4		4.0	3.8	10.2	9.6	7.3
S23	3.85						5.0	3.5	5.4	7.0						11.9	8.7	8.9
S24	2.29	1.99	3.18	3.81	2.50	4.25	4.7	6.5	5.1	4.2	3.6	5.0	7.5	5.3	7.9	10.6	11.4	10.6
S25		2.76		4.14	2.90	2.89	6.3	5.6	5.1		3.8		7.6	5.4	5.6	12.7	9.8	12.8
S26	3.21	3.47	1.78	3.03	3.33	4.16	5.2	3.4	4.9	4.8	5.2	2.8	5.3	5.8	6.8	10.9	6.7	8.8
S27	2.74	1.72	2.85	3.75	2.31	2.81	3.2	3.0	3.8	3.7	2.5	4.5	5.4	4.2	4.1	6.0	4.9	7.1
S28	3.03	2.24	1.43	3.26	4.11	4.34	5.8	5.0	4.9	5.1	3.8	2.5	7.1	6.6	8.9	12.5	10.3	9.8
S29	4.11		3.50	3.21	3.78	3.53	5.7	6.4	4.7	6.8			5.7	4.8	8.1	8.4	11.9	10.6
S30	2.96	1.13	1.85	3.97	2.60	2.94	5.3	4.8	4.9	5.4	2.8	3.5	8.8	6.0	6.0	12.7	11.8	11.3
S31			2.29	2.30	1.80	2.31							3.6	4.7	3.2	5.2		
S32				3.76	2.27	2.86	4.4	5.6	3.8				7.1	4.6	6.0	11.6	11.6	10.6
S33								4.5								10.1		
S34		2.18	4.02	3.85	2.35	2.43	5.0	4.0	4.4		4.0	5.9	7.8	6.4	5.4	11.7	10.5	11.6
S35	3.19		2.67							6.7		5.0						
S36	5.02	3.21	3.99	4.06	2.83	5.18	7.0	5.5	5.1	8.2	5.2	6.5	8.7	6.0	9.3	14.3	11.0	12.0
S37	2.47	2.89	3.26	3.99	2.54	2.31	5.8	4.9	5.7	4.3	4.8	5.1	8.5	5.3	4.7	12.0	8.9	12.2
S38				3.11	2.34	2.99	4.7	4.4	4.7				6.5	5.3	6.4	10.4	9.2	10.8
S39	2.95	4.44	3.51	4.20	3.13	2.43	5.1	5.9	5.4	4.6	7.8	6.2	8.9	6.4	5.2	11.3	10.3	10.5
S40	3.48	3.71	4.46	4.37	3.68	3.99	5.4	4.7	5.4	5.4	5.5	6.9	8.7	6.6	6.5	12.8	10.7	12.6
S41	1.84	2.73		3.31	2.60	3.04	4.9	5.1	4.5	3.0	4.7		6.6	3.9	5.9	10.9	9.4	9.7
S42	2.11	4.31	1.54	2.54	2.33	1.91	4.6	4.7	4.8	3.4	6.5	2.8	6.4	4.8	4.2	9.8	9.3	10.0
S43	3.37	1.99	2.35	4.62	2.77	2.35	6.4	5.8	7.3	5.8	3.9	4.3	10.2	6.5	5.2	14.8	13.1	13.7
S44	4.07	1.59		3.82	3.11	2.73	5.7	4.9	6.5	7.3	3.3		8.2	6.7	6.3	11.6	9.4	10.9
S45				5.01	3.30	5.42	6.3	5.7	5.4				9.1	6.5	9.2	11.9	12.1	11.7
遠藤40	3.79	4.25	3.95							4.2	7.3	7.2						
遠藤149							6.8	7.1	6.9							15.5	14.0	13.6
遠藤355	3.41	5.72	4.19				7.4	7.2	5.0	5.8	10.5	7.6				15.4	15.4	10.2
遠藤375	2.94	3.76	2.12							4.9	7.1	3.7						
遠藤493	4.03	4.33	5.51				6.6	6.6	6.3	5.7	8.4	11.1				14.0	14.6	15.4
真庭36	2.73	2.20	2.26							4.9	4.0	3.8						
真庭37	1.91	3.12	1.33							4.4	6.8	2.4						
苫田10	4.85	3.79	3.51							7.7	6.1	5.7						
苫田21	2.28	4.74	1.69							3.8	7.6	3.2						
英田8	3.39	2.12	1.65							6.0	3.4	2.7						
英田9	3.10	2.54	3.28							4.7	4.8	5.1						
新見6	3.13	1.93	3.59							5.4	3.1	5.6						
遠藤挿木				3.33	2.83	2.59	6.2	5.3	5.2				7.8	6.5	5.4	14.7	12.9	11.9
遠藤実生	6.30	4.50	2.96	4.40	4.81	5.33	7.5	7.2	6.8	10.5	8.6	5.6	9.6	9.9	10.3	15.8	15.0	16.5
平均	3.02	3.03	2.85	3.49	2.71	2.99	5.30	4.85	4.78	5.05	5.26	4.89	7.02	5.59	5.85	11.41	9.98	9.94

付表-1(3)15年次調査結果(樹高、直径)

クローン 名	樹高 (m)									直径 (cm)								
	S1			S2			S3検定林			S1			S2			S3検定林		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
S1	3.26	1.80	5.94	3.49	3.47	2.59	8.10	7.34	7.68	5.0	2.8	6.7	6.5	5.2	4.8	16.1	9.7	13.1
S2	2.77			5.30	2.96	2.83	7.47	4.92	4.62	3.4			8.1	4.5	3.9	11.9	9.0	8.6
S3		4.41	2.95	4.71	4.16	5.13	7.03	7.18	5.70		6.5	4.7	7.7	6.7	7.9	14.9	15.2	13.5
S4				4.32	3.31	1.78	7.94	6.64	5.25				6.7	5.8	3.1	15.9	9.8	9.2
S5	3.08		3.25	3.86	2.98	4.18	7.75	4.78	7.12	4.5		4.5	6.4	4.5	6.2	10.1	8.9	10.0
S6				5.36	3.60	6.90							9.6	5.6	8.5			
S7							8.63	6.00								15.9	11.4	
S8	3.94	6.70		3.09	3.26	2.62	8.68	6.31	6.65	5.5	10.1		6.5	4.9	4.1	14.1	12.9	13.1
S9							7.92	5.33	7.38							10.6	10.6	12.6
S10		2.74		4.29	2.83	3.54	8.15	6.89	5.51		3.5		6.9	4.2	5.9	14.9	12.8	11.0
S11				4.46	2.68	2.45	9.50	6.05	3.17				7.7	3.4	3.1	17.6	12.8	5.3
S12	1.73		2.60	4.40	3.53	2.72	7.75	6.43	6.75	2.0		4.1	7.1	6.5	4.5	13.8	12.0	13.2
S13					2.42	4.58		6.79						4.2	7.0		13.8	
S14	3.31	2.38		3.04	3.14	2.42	6.00	6.83	5.00	3.7	3.5		4.3	4.2	3.2	10.4	9.2	7.8
S15		3.55	4.35	3.02	3.51	5.09	8.58	7.86	6.55		4.2	5.4	5.7	6.4	7.3	15.8	11.3	8.7
S16			2.86				7.75	4.50	6.00			5.2				13.3	7.8	11.0
S17				5.24	2.61				7.20				8.9	3.8				10.1
S18	3.98			4.35	3.74	4.96	8.43	6.95	7.31	5.9			8.0	6.5	7.1	13.2	14.2	15.1
S19	6.79	6.24	3.14	4.83	4.02	6.84	9.10	7.67	7.89	8.6	9.9	4.8	9.3	6.8	10.0	13.8	15.4	14.3
S20		3.77		4.78		3.11	6.50	7.70	5.88		5.7		7.9		5.7	10.0	12.0	8.4
S21	2.49	8.89	8.41	5.98	3.31	6.98	9.02	8.70	9.39	2.7	10.8	10.0	10.1	5.9	10.1	16.3	16.8	14.5
S22			6.72		2.20	2.87	7.79	6.25	5.57				8.4	3.8	4.3	14.3	14.0	9.5
S23	6.33						8.42	6.27	7.34	8.3						15.3	11.3	11.6
S24	4.95	2.45	5.32	5.94	3.76	6.99	8.42	7.97	7.94	6.9	3.6	6.3	9.4	6.0	9.8	15.4	14.1	13.1
S25		3.58		5.24	4.44	3.87	9.54	8.50	8.50		4.6		9.0	7.2	6.0	16.1	12.6	15.4
S26	4.59	6.07	2.11	4.30	3.69	6.08	8.77	5.25	7.56	6.3	7.1	3.4	6.1	6.6	8.4	15.6	8.2	12.5
S27	4.34	3.10	4.27	5.45	2.72	3.44	4.74	5.00	7.42	4.8	3.6	5.8	7.4	3.6	4.0	8.6	8.1	9.8
S28	4.38	3.40	1.75	4.80	3.72	8.13	9.25	7.21	7.23	6.9	4.9	3.0	7.7	7.1	11.1	16.7	13.4	13.2
S29	6.88		4.68	5.73	4.63	6.10	9.05	6.87	8.24	9.2		7.5	9.7	8.1	9.7	14.5	14.0	14.5
S30	4.14	1.89	2.14	5.84	3.46	3.84	7.60	8.27	8.23	7.3	2.6	3.8	10.6	5.4	6.9	16.9	14.5	14.9
S31			2.91	2.82	2.09	4.99							4.4	5.2	3.3	5.8		
S32				4.69	2.69	5.29	8.44	8.29	6.30				10.7	4.1	6.9	14.8	17.4	14.6
S33								6.60									13.8	
S34		2.80	4.91	5.54	3.66	3.89	8.34	6.98	7.53		5.1	7.1	9.8	6.8	7.0	14.2	12.2	15.0
S35	5.99		2.76							9.0			5.8					
S36	6.62	4.25	6.53	5.55	5.09	6.70	10.26	7.29	8.53	10.9	5.6	8.1	9.1	9.3	10.3	19.0	14.7	14.9
S37	4.17	4.90	4.37	6.42	3.26	2.92	8.39	6.88	8.33	5.3	6.9	6.0	9.9	5.5	5.6	14.7	11.8	16.0
S38				4.35	3.19	5.29	6.73	6.15	7.45				7.2	4.5	8.3	14.0	12.5	12.4
S39	4.20	7.38	7.11	5.52	3.41	3.76	8.46	7.81	8.67	5.8	10.1	7.9	9.7	6.7	6.3	15.4	13.2	16.1
S40	5.17	5.80	8.13	5.90	3.96	5.50	8.55	7.50	8.60	7.6	6.9	9.7	9.2	7.3	7.6	16.0	4.0	16.3
S41	2.18	4.54		5.43	3.32	3.94	9.03	8.08	7.53	2.7	6.5		8.3	5.8	6.1	15.5	14.6	12.7
S42	3.34	6.28	1.83	3.36	3.28	3.01	6.52	6.44	7.68	4.5	8.4	2.1	5.3	5.4	4.6	13.6	12.6	13.5
S43	5.23	2.61	2.78	6.63	4.10	3.59	9.11	8.22	11.33	8.1	3.7	4.5	10.9	6.2	5.8	17.8	16.4	18.8
S44	6.99	1.86		5.87	3.37	3.97	8.29	6.86	7.40	9.5	3.3		9.1	6.3	7.1	15.5	13.2	14.3
S45				7.17	4.78	8.62	7.96	8.14	9.23				11.5	8.1	11.9	14.4	15.3	15.6
遠藤40	9.51	7.59	6.67							11.8	10.5	9.4						
遠藤149							10.15	8.79	8.16							18.5	16.5	16.6
遠藤355	5.29	8.07	5.92				9.59	8.32	7.79	7.4	11.8	9.6				18.8	17.9	12.8
遠藤375	4.28	6.07	2.49							6.2	9.1	4.0						
遠藤493	6.70	6.80	7.42				8.55	8.70	11.46	9.0	9.6	13.6				16.3	17.7	19.5
真庭36	4.67	2.98	3.16							6.1	4.8	5.0						
真庭37	4.56	7.44	1.38							6.0	10.1	2.3						
苫田10	6.60	5.32	4.75							9.2	7.8	6.6						
苫田21	3.67	7.86	2.43							5.2	10.3	3.9						
英田8	6.44	2.99	2.10							10.1	4.6	2.7						
英田9	4.11	4.37	4.58							5.6	6.3	6.3						
新見6	6.20	2.85	3.56							9.0	3.9	5.1						
遠藤挿木				4.53	3.37	3.03	9.06	8.60	8.21				8.4	6.4	6.1	18.3	17.4	13.6
遠藤実生	9.64	6.32	3.99	5.67	5.79	7.44	10.51	9.41	9.50	11.8	9.4	6.1	10.1	9.9	11.5	18.0	17.3	19.3
平均	4.93	4.72	4.17	4.90	3.49	4.55	8.31	7.08	7.43	6.81	6.61	5.94	8.25	5.81	6.84	14.93	12.92	13.09

付表-2 健全率調査結果

クローン 名	5年次									10年次									15年次										
	S1			S2			S3検定林			S1			S2			S3検定林			S1			S2			S3検定林				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
S1	76.7	90.0	100.0	70.0	86.7	90.0	70.0	80.0	56.7	76.7	86.7	100.0	80.0	82.5	85.0	80.0	80.0	66.7	30.0	63.3	86.7	80.0	82.5	80.0	70.0	73.3	63.3		
S2	85.0			87.5	100.0	76.7	66.7	73.3	46.7	85.0			80.0	83.3	70.0	73.3	70.0	36.7	80.0	63.3	83.3	73.3	56.7	60.0	33.3				
S3		86.7	75.0	73.3	88.0	66.7	70.0	76.7	76.7	90.0	75.0	66.7	90.0	66.7	63.3	73.3	76.7		86.7	75.0	50.0	90.0	53.3	56.7	73.3	76.7			
S4				73.3	73.3	73.3	60.0	75.0	70.0				70.0	63.3	63.3	60.0	75.0	70.0			63.3	56.7	60.0	50.0	70.0	60.0			
S5	85.0		80.0	100.0	86.7	73.3	80.0	75.0	85.0	75.0	73.3	96.7	76.7	60.0	73.3	75.0	85.0		70.0	56.7	80.0	73.3	53.3	60.0	80.0	80.0			
S6				80.0	80.0	90.0							70.0	80.0	80.0						50.0	70.0	80.0						
S7						90.0	60.0								90.0	50.0								90.0	50.0				
S8	60.0	65.0		90.0	90.0	75.0	80.0	45.0	45.0	40.0	50.0		75.0	85.0	75.0	65.0	40.0	50.0	35.0	45.0		75.0	75.0	75.0	70.0	40.0	50.0		
S9						70.0	30.0	40.0								70.0	30.0	40.0						50.0	30.0	40.0			
S10		83.3		93.3	76.7	73.3	70.0	83.3	70.0	83.3		83.3	86.7	70.0	33.3	70.0	80.0	76.7		76.7		80.0	63.3	33.3	73.3	83.3	66.7		
S11				75.0	60.0	60.0	55.0	70.0	55.0				70.0	50.0	50.0	65.0	50.0	10.0				70.0	50.0	40.0	40.0	30.0	30.0		
S12	45.0		90.0	93.3	93.3	66.7	50.0	80.0	100.0	40.0		80.0	80.0	90.0	63.3	45.0	80.0	50.0			80.0	70.0	90.0	60.0	30.0	70.0	50.0		
S13				80.0	80.0	90.0								70.0	50.0								50.0	40.0	70.0				
S14	76.7	90.0		83.3	70.0	70.0	70.0	30.0	26.7	80.0	90.0		76.7	66.7	66.7	46.7	30.0	13.3			70.0	66.7	63.3	46.7	30.0	13.3			
S15		85.0	80.0	75.0	90.0	80.0	70.0	75.0	70.0			85.0	70.0	40.0	85.0	70.0	70.0	60.0	70.0		80.0	65.0	60.0	75.0	60.0	60.0	35.0	55.0	
S16			66.7						20.0				50.0			65.0	70.0	20.0				46.7			60.0	70.0	10.0		
S17				90.0	90.0				70.0				90.0	90.0				80.0					80.0	80.0			70.0		
S18	75.0			83.3	90.0	70.0	86.7	66.7	68.0	75.0			85.0	95.0	72.5	90.0	70.0	65.0		75.0		82.5	90.0	70.0	93.3	70.0	70.0		
S19	100.0	100.0	90.0	83.3	93.3	86.7	86.7	66.7	53.3	100.0	100.0	90.0	73.3	93.3	86.7	100.0	70.0	60.0		96.7	93.3	86.7	70.0	90.0	86.7	83.3	70.0	60.0	
S20		65.0		80.0		100.0	20.0	35.0	20.0			60.0	70.0		90.0	20.0	35.0	25.0				55.0	50.0	90.0	10.0	25.0	20.0		
S21	42.5	93.3	75.0	93.3	76.7	73.3	86.7	76.7	76.7	35.0	93.3	86.7	92.5	70.0	70.0	83.3	80.0	73.3		30.0	87.5	75.0	82.5	70.0	67.5	80.0	73.3	76.7	
S22			40.0		60.0	70.0	80.0	30.0	90.0				36.7		60.0	70.0	80.0	30.0	70.0				30.0		60.0	70.0	20.0	70.0	
S23	73.3					70.0	75.0	70.0		63.3					60.0	75.0	70.0				73.3					53.3	65.0	70.0	
S24	90.0	90.0	95.0	93.3	80.0	83.3	70.0	80.0	85.0	85.0	75.0	90.0	93.3	80.0	80.0	65.0	75.0	90.0		80.0	75.0	90.0	80.0	76.7	80.0	65.0	85.0	90.0	
S25		90.0		66.7	90.0	96.7	86.7	76.7	93.3			65.0		57.5	90.0	95.0	83.3	76.7	96.7		80.0		40.0	85.0	85.0	80.0	70.0	90.0	
S26	70.0	73.3	76.7	83.3	86.7	70.0	60.0	55.0	55.0	73.3	76.7	76.7	87.5	80.0	70.0	65.0	55.0	50.0		70.0	73.3	76.7	83.3	83.3	65.0	55.0	50.0	50.0	
S27	73.3	72.5	100.0	90.0	100.0	90.0	86.7	60.0	40.0	72.5	67.5	86.7	83.3	96.7	70.0	40.0	30.0	40.0		72.5	60.0	67.5	76.7	96.7	70.0	25.0	20.0	30.0	
S28	90.0	90.0	85.0	73.3	100.0	76.7	85.0	60.0	65.0	90.0	85.0	95.0	80.0	96.7	63.3	85.0	70.0	60.0		90.0	80.0	80.0	73.3	96.7	53.3	65.0	70.0	60.0	
S29	95.0		85.0	90.0	80.0	50.0	83.3	90.0	77.5	95.0		85.0	80.0	80.0	50.0	83.3	93.3	80.0		95.0		80.0	60.0	80.0	50.0	80.0	86.7	77.5	
S30	100.0	80.0		90.0	86.7	96.7	86.7	76.7	63.3	90.0	83.3	86.7	73.3	96.7	73.3	76.7	66.7			80.0	87.5	85.0	63.3	96.7	76.7	73.3	76.7	66.7	
S31				60.0	70.0	90.0	90.0							60.0	60.0	90.0	80.0						66.7	60.0	80.0	70.0			
S32				85.0	85.0	70.0	80.0	70.0	80.0					80.0	85.0	70.0	70.0	80.0					70.0	80.0	70.0	80.0	70.0	80.0	
S33								70.0									60.0										50.0		
S34		95.0	85.0	100.0	83.3	93.3	83.3	76.7	83.3			95.0	90.0	90.0	83.3	90.0	86.7	73.3	83.3			95.0	65.0	80.0	76.7	83.3	76.7	70.0	76.7
S35	70.0			80.0						60.0			55.0								60.0		60.0						
S36	86.7	83.3	93.3	100.0	96.7	83.3	86.7	86.7	90.0	80.0	83.3	93.3	90.0	100.0	83.3	86.7	96.7	90.0		80.0	86.7	96.7	86.7	93.3	80.0	83.3	90.0	90.0	
S37	90.0	90.0	100.0	93.3	100.0	93.3	87.5	86.7	96.7	88.0	80.0	97.5	93.3	100.0	80.0	87.1	90.0	100.0		86.0	78.0	94.0	83.3	100.0	83.3	85.0	83.3	100.0	
S38				86.7	96.7	93.3	73.3	70.0	93.3				70.0	93.3	93.3	80.0	73.3	93.3					63.3	93.3	90.0	80.0	73.3	93.3	
S39	86.7	63.3	93.3	86.7	93.3	90.0	75.0	80.0	30.0	80.0	63.3	86.7	83.3	96.7	86.7	80.0	80.0	25.0		83.3	63.3	90.0	83.3	80.0	80.0	70.0	80.0	30.0	
S40	83.3	83.3	80.0	83.3	76.7	86.7	83.3	76.7	83.3	80.0	83.3	76.7	80.0	76.7	83.3	80.0	80.0	83.3		80.0	80.0	70.0	76.7	76.7	83.3	86.7	76.7	83.3	
S41	65.0	90.0		93.3	83.3	80.0	66.7	53.3	83.3	60.0	90.0		76.7	83.3	66.7	56.7	60.0	86.7		65.0	80.0		66.7	70.0	60.0	56.7	60.0	76.7	
S42	75.0	65.0	85.0	76.7	80.0	86.7	73.3	63.3	90.0	90.0	55.0	75.0	73.3	76.7	80.0	73.3	53.3	90.0		85.0	30.0	60.0	70.0	73.3	73.3	53.3	83.3		
S43	96.7	90.0	97.5	90.0	90.0	100.0	93.3	93.3	93.3	100.0	100.0	93.3	90.0	86.7	93.3	93.3	96.7	96.7		90.0	93.3	90.0	90.0	83.3	90.0	93.3	96.7	96.7	
S44	95.0	95.0		90.0	96.7	86.7	83.3	83.3	83.3	90.0	85.0		93.3	96.7	86.7	96.7	83.3	86.7		95.0	85.0		93.3	96.7	83.3	93.3	83.3	83.3	
S45				90.0	93.3	80.0	86.7	50.0	70.0				93.3	93.3	83.3	86.7	53.3	73.3					90.0	90.0	80.0	80.0	46.7	73.3	
遠藤40	73.3	86.7	96.7							70.0	90.0	100.0								70.0	90.0	96.7							
遠藤149						95.0	75.0	75.0								95.0	100.0	80.0								95.0	85.0	80.0	
遠藤355	100.0	86.7	93.3			86.7	83.3	100.0		100.0	86.7	93.3				93.3	86.7	96.7		96.7	86.7	93.3			80.0	83.3	93.3		
遠藤375	56.7	90.0	90.0							56.7	90.0	90.0								50.0	90.0	86.7							
遠藤493	89.7	83.3	53.3			86.7	76.7	90.0		93.3	86.7	40.0				100.0	76.7	90.0		93.3	86.7	43.3			96.7	80.0	90.0		
真庭36	80.0	93.3	70.0							83.3	83.3	63.3								80.0	73.3	56.7							
真庭37	56.7	80.0	96.7							60.0	66.7	80.0								36.7	36.7	80.0							
吉田10	73.3	90.0	73.3							66.7	80.0	73.3								60.0	66.7	73.3							
吉田21	93.3	50.0	76.7							90.0	46.7	70.0								90.0	43.3	66.7							
英田8	73.3	80.0	76.7							66.7	80.0	80.0								46.7	73.3	60.0							
英田9	90.0	100.0	90.0							96.7	100																		

付表-3 根曲り調査結果(指数)

クローン 名	S1			S2			S3検定林		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
S1	4.5	4.3	4.6	4.7	4.5	4.8	4.9	4.5	5.0
S2	4.1			4.9	4.4	4.8	4.4	4.5	4.6
S3		4.0	4.0	4.5	4.8	5.0	4.1	4.8	5.0
S4				4.1	4.8	3.9	4.8	4.6	4.4
S5	4.2		2.2	4.4	4.9	5.0	4.4	4.0	4.7
S6				4.7	5.0	5.0			
S7							4.8	4.3	
S8	4.1	4.1		4.1	4.9	4.7	4.5	4.8	4.7
S9							3.8	4.0	4.0
S10		3.9		4.9	4.7	4.5	4.8	4.8	4.6
S11				5.0	4.8	4.0	4.4	3.3	1.5
S12	4.1		3.7	4.3	4.5	4.3	3.8	4.7	4.9
S13					4.0	5.0		4.6	
S14	4.2	3.8		4.5	4.5	4.2	4.2	4.8	4.3
S15		4.0	4.5	4.7	5.0	5.0	4.5	4.6	4.8
S16			2.7				4.5	4.0	5.0
S17				4.5	4.9				5.0
S18	5.0			5.0	4.4	5.0	4.8	5.0	5.0
S19	4.9	5.0	4.3	4.7	4.9	5.0	5.0	4.9	4.9
S20		4.9		4.3		4.8	4.0	4.8	5.0
S21	4.2	4.2	3.9	4.8	4.3	4.5	4.3	4.7	4.2
S22			4.2		4.3	4.6	4.3	4.5	4.9
S23	4.0						4.8	4.5	4.6
S24	4.5	4.0	4.4	4.6	4.6	5.0	4.8	4.7	5.0
S25		4.1		4.8	4.8	4.9	5.0	4.4	5.0
S26	4.9	4.4	4.3	4.7	4.9	5.0	4.2	4.3	4.9
S27	4.7	4.2	4.5	4.8	4.8	4.7	3.8	3.7	5.0
S28	5.0	4.8	4.5	4.7	4.8	4.8	5.0	4.8	4.9
S29	4.7		4.7	4.6	4.9	5.0	4.6	4.8	4.8
S30	3.6	4.0	4.0	4.2	4.9	4.7	4.5	4.6	4.6
S31			4.1	4.4	4.0	5.0			
S32				4.4	5.0	5.0	4.8	4.7	5.0
S33								5.0	
S34		4.7	4.1	4.2	4.8	4.5	4.1	4.2	4.9
S35	3.8		3.2						
S36	4.2	4.0	4.2	4.4	4.2	4.8	4.7	4.4	4.9
S37	4.7	4.8	4.4	4.7	4.9	5.0	4.8	4.9	5.0
S38				3.9	4.5	4.5	4.9	4.5	4.5
S39	4.4	4.7	4.7	4.6	4.7	4.9	4.7	4.1	4.8
S40	5.0	4.9	4.7	5.0	4.6	5.0	4.9	4.8	5.0
S41	3.7	4.7		4.5	4.8	5.0	5.0	4.8	4.8
S42	4.2	4.3	2.5	4.7	4.6	4.8	4.6	4.5	5.0
S43	4.9	4.5	4.2	4.7	4.9	4.8	4.9	5.0	5.0
S44	5.0	3.8		4.5	4.9	4.9	4.9	4.8	4.8
S45				3.9	4.8	5.0	4.9	4.5	4.9
遠藤40	4.8	5.0	4.8						
遠藤149							4.8	4.9	5.0
遠藤355	4.7	4.0	4.6				4.6	5.0	5.0
遠藤375	4.4	4.3	4.0						
遠藤493	4.0	3.9	4.4				4.4	4.0	4.4
真庭36	4.5	4.6	3.9						
真庭37	4.4	3.5	3.9						
苦田10	4.9	4.5	4.4						
苦田21	4.6	5.0	4.2						
英田8	4.4	4.3	3.9						
英田9	4.3	4.6	4.3						
新見6	3.6	4.1	4.0						
遠藤挿木				4.3	4.4	4.6	4.6	4.8	4.7
遠藤実生	3.6	3.7	2.7	3.8	4.7	4.4	2.7	3.5	3.7
平均	4.40	4.32	4.05	4.52	4.67	4.76	4.53	4.53	4.70